

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004年11月4日 (04.11.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/095562 A1

(51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01L 21/316, 21/336, 29/78 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/005230 (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 寺本 章伸 (TERAMOTO, Akinobu) [JP/JP].

(22) 国際出願日: 2004年4月13日 (13.04.2004) (74) 代理人: 後藤 洋介, 外 (GOTO, Yosuke et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋1丁目4番10号 第三森ビル Tokyo (JP).

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2003-114616 2003年4月18日 (18.04.2003) JP

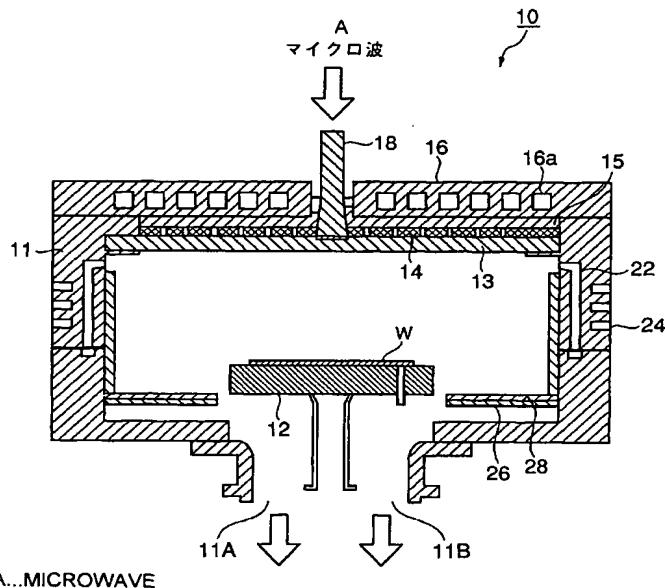
(71) 出願人 および  
(72) 発明者: 大見 忠弘 (OHMI, Tadahiro) [JP/JP]; 〒9800813 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2丁目1-17-301 Miyagi (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(締葉有)

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE AND PROCESS FOR PRODUCING THE SAME

(54) 発明の名称: 半導体装置及び半導体装置の製造方法



(57) Abstract: A semiconductor device comprising a substrate of SiC provided with an insulating film through plasma treatment. Rare gas is incorporated in the insulating film. Preferably, at least one of krypton (Kr), argon (Ar) and xenon (Xe) is used as the rare gas. A combination of oxygen gas and krypton (Kr) is especially preferred.

(57) 要約: 本発明に係る半導体装置は、基板としてSiCを採用するとともに、プラズマ処理によって絶縁膜を形成している。このとき、絶縁膜中に希ガスを含有さ

WO 2004/095562 A1

(締葉有)



(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TI, TM), ヨーロッパ(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 國際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

せる。好ましくは、希ガスとして、クリプトン(Kr)、アルゴン(Argon)、キセノン(Xe)の少なくとも1つを含有する。特に、酸素ガスとクリプトン(Kr)の組み合わせが好ましい。

## 明 細 書

## 半導体装置及び半導体装置の製造方法

## 技術分野

本発明は、半導体基板上に絶縁膜を形成する方法及び製造されたデバイスに関する。

## 背景技術

一般に、半導体デバイスを形成する基板としては、Si（シリコン）が用いられる。また、シリコンに比べて約10倍の耐圧を有するSiCがパワーデバイス等に有効と考えられている。国際公開WO 97/39476には、高パワーデバイス・高温デバイス・耐環境性デバイスなどの半導体素子に応用可能なSiC素子及びその製造方法について開示されている。

しかしながら、SiCは六方晶であり、シリコンの（100）面に相当する面は存在せず、従来の熱処理による方法で絶縁膜を形成した場合、界面準位が著しく増大し、デバイス特性を劣化させてしまう。

## 発明の開示

本発明は、上記のような状況に鑑みてなされたものであり、あらゆる面方位に良好な絶縁膜形成が可能な方法を提供することを目的とする。

本発明の第1の態様に係る半導体装置は、SiCからなる半導体基板と；前記半導体基板上に形成された絶縁膜とを備える。そして、前記絶縁膜をスマップルによって形成し、少なくとも一部に希ガスを含有させる。

本発明によれば、あらゆる面方位に良好な絶縁膜形成が可能となる。その結果、界面準位の増大を抑制でき、優れたデバイス特性を有する半導体装置の製造が可能となる。本発明の半導体装置は、高い耐圧が要求されるパワーデバイスに特に適しており、デバイスの特性を劣化させることなく、絶縁膜の膜厚を約300nm（＝

3000 Å) とすることが可能となる。

好みくは、前記希ガスとして、クリプトン (Kr)、アルゴン (Ar)、キセノン (Xe) の少なくとも1つを含有する。特に、酸素ガスとクリプトン (Kr) の組み合わせが好みく。これは、成膜中の酸素ラジカルとクリプトン (Kr) が形成された酸化膜中に残り、絶縁膜としての特性 (絶縁特性、界面特性) が向上するためである。ちなみに、熱酸化手法による場合には酸化膜中にクリプトン (Kr) は残らない。

前記絶縁膜の形成は、マイクロ波励起によるプラズマの直接酸化、直接窒化、又は直接酸窒化によって形成することができる。または、マイクロ波励起のプラズマ CVD (Chemical Vapor Deposition) による酸化、窒化、又は酸窒化によって形成することができる。あるいは、直接酸化 (窒化、酸窒化) の後に CVD による酸化膜 (窒化膜、酸窒化膜) 形成を行った場合には、絶縁膜としての膜厚を容易に増加させることができる。

本発明の第2の態様に係る半導体装置の製造方法においては、SiCからなる半導体基板上にプラズマ処理によって絶縁膜を形成する。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明に用いられるプラズマ処理装置の構成を示す概略図 (断面図) である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下に図面を参照して本発明の実施の形態につき詳細に説明する。

図1は、本発明に用いられるプラズマ処理装置10の概略構成の例を示す。プラズマ処理装置10は、被処理基板としてのSiCウエハWを保持する基板保持台12が備えられた処理容器11を有する。処理容器11内の気体 (ガス) は排気ポート11Aおよび11Bから図示されない排気ポンプを介して排気される。なお、基板保持台12は、SiCウエハWを加熱するヒータ機能を有している。基板保持台12の周囲には、アルミニウムからなるガスバッフル板 (仕切り板) 26が配置さ

れている。ガスバッフル板26の上面には石英カバー28が設けられている。

処理容器11の装置上方には、基板保持台12上のS i CウエハWに対応して開口部が設けられている。この開口部は、石英やAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる誘電体板13により塞がれている。誘電体板13の上部（処理容器11の外側）には、平面アンテナ14が配置されている。この平面アンテナ14には、導波管から供給された電磁波が透過するための複数のスロットが形成されている。平面アンテナ14の更に上部（外側）には、波長短縮板15と導波管18が配置されている。波長短縮板15の上部を覆うように、冷却プレート16が処理容器11の外側に配置されている。冷却プレート16の内部には、冷媒が流れる冷媒路16aが設けられている。

処理容器11の内部側壁には、プラズマ処理の際にガスを導入するためのガス供給口22が設けられている。このガス供給口22は、導入されるガス毎に設けられても良い。この場合、図示されないフローコントローラが流量調整手段として供給口ごとに設けられている。一方、導入されるガスが予め混合されて送られ、供給口22は一つのノズルとなっていても良い。この場合も図示されないが、導入されるガスの流量調整は、混合段階に流量調整弁などで為される。また、処理容器11の内壁の内側には、容器全体を囲むように冷媒路24が形成されている。

本発明に用いられるプラズマ基板処理装置10には、プラズマを励起するための数ギガヘルツの電磁波を発生する図示されない電磁波発生器が備えられている。この電磁波発生器で発生したマイクロ波が、導波管15を伝播し処理容器11に導入される。

上記のような構造のプラズマ処理装置10を用いて、ゲート絶縁膜（酸化膜）をS i C基板上に形成する際には、まず、S i CウエハWを処理容器11内に導入し、基板保持台12上にセットする。その後、排気ポート11A, 11Bを介して処理容器11内部の空気の排気が行われ、処理容器11の内部が所定の処理圧に設定される。次に、ガス供給口22から、不活性ガスと酸素ガス及び／又は窒素ガスとが供給される。不活性ガスとしては、クリプトン（Kr）、アルゴン（Ar）、キセノン（Xe）の少なくとも1つを使用する。

特に、酸素ガスとクリプトン（Kr）の組み合わせが好ましい。これは、成膜中

の酸素ラジカルとクリプトン (Kr) が形成された酸化膜中に残り、絶縁膜としての特性（絶縁特性、界面特性）が向上するためである。ちなみに、熱酸化手法による場合には酸化膜中にクリプトン (Kr) は残らない。

一方、電磁波発生器で発生された数 GHz の周波数のマイクロ波は、導波管 15 を通って処理容器 11 に供給される。平面アンテナ 14、誘電体板 13 を介して、このマイクロ波が処理容器 11 中に導入される。マイクロ波によりプラズマが励起され、ラジカルが生成される。プラズマ処理時の SiC ウエハ温度は 600 °C 以下である。処理容器 11 内でのマイクロ波励起によって生成された高密度プラズマは、SiC ウエハ W 上に酸化膜等の絶縁膜を形成させる。

絶縁膜の種類としては、酸化膜、窒化膜、酸窒化膜等を使用することができる。上記の例では、SiC ウエハ W 上に絶縁膜をプラズマ（ラジカル）によって直接形成しているが、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法によって形成することも可能である。あるいは、プラズマの直接酸化、直接窒化、又は直接酸窒化に続いて、プラズマ CVD による酸化膜、窒化膜、又は酸窒化膜形成を行うこともできる。これにより、絶縁膜の厚みの調整が容易となる。本発明の半導体装置は、高い耐圧が要求されるパワーデバイスに特に適しており、絶縁膜の膜厚は約 300 nm (= 3000 Å) とすることができます。

上記のように製造された半導体装置は、あらゆる面方位に良好な絶縁膜を備え、界面準位の増大を抑制でき、優れたデバイス特性を有するものとなる。

以上、本発明の実施の形態について幾つかの例に基づいて説明したが、本発明はこれらの例に何ら限定されるものではなく、特許請求の範囲に示された技術的思想の範疇において変更可能なものである。

## 請 求 の 範 囲

1. S i Cからなる半導体基板と；

前記半導体基板上に形成された絶縁膜とを備え、

前記絶縁膜はプラズマ処理によって形成され、少なくとも一部に希ガスを含有することを特徴とする半導体装置。

2. 前記絶縁膜は、ゲート絶縁膜を含むことを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

3. 前記絶縁膜は、希ガスとしてクリプトン (K r)、アルゴン (A r)、キセノン (X e) の少なくとも1つを含有することを特徴とする請求項1及び2のいずれかに記載の半導体装置。

4. 前記絶縁膜の少なくとも一部が、酸化膜、酸窒化膜、及び窒化膜の何れかであることを特徴とする請求項1、2、及び3のいずれかに記載の半導体装置。

5. 前記半導体基板を形成するS i Cが単結晶であることを特徴とする請求項1、2、3、及び4のいずれかに記載の半導体装置。

6. 前記絶縁膜は、基板温度が600°C以下のプラズマ処理によって形成されることを特徴とする請求項1、2、3、4、及び5のいずれかに記載の半導体装置。

7. 前記絶縁膜は、マイクロ波励起によるプラズマの直接酸化、直接窒化、及び直接酸窒化のいずれかによって形成されることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、及び6のいずれかに記載の半導体装置。

8. 前記絶縁膜は、マイクロ波励起のプラズマCVDによって形成される酸化膜、窒化膜、及び酸窒化膜の少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、及び6のいずれかに記載の半導体装置。

9. 前記絶縁膜は、マイクロ波励起によるプラズマの直接酸化、直接窒化、及び直接酸窒化のいずれかに続いて、マイクロ波励起のプラズマCVDによって形成される酸化膜、窒化膜、及び酸窒化膜の少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、及び6のいずれかに記載の半導体装置。

10. 単結晶のS i Cからなる半導体基板と；

前記半導体基板上に形成されたゲート絶縁膜を含む絶縁膜とを備え、  
前記絶縁膜はプラズマ処理によって形成され、  
前記絶縁膜は、希ガスとしてクリプトン (K r)、アルゴン (A r)、キセノン (X e) の少なくとも1つを含有し、  
前記絶縁膜の少なくとも一部が、酸化膜、酸窒化膜、及び窒化膜の何れかであり、  
前記絶縁膜は、基板温度が 600 °C 以下の条件下で、マイクロ波励起のプラズマによる直接酸化、直接窒化、及び直接酸窒化のいずれかによって形成されることを特徴とする半導体装置。

11. 単結晶の SiC からなる半導体基板と；

前記半導体基板上に形成されたゲート絶縁膜を含む絶縁膜とを備え、  
前記絶縁膜はプラズマ処理によって形成され、  
前記絶縁膜は、希ガスとしてクリプトン (K r)、アルゴン (A r)、キセノン (X e) の少なくとも1つを含有し、  
前記絶縁膜の少なくとも一部が、酸化膜、酸窒化膜、及び窒化膜の何れかであり、  
前記絶縁膜は、基板温度が 600 °C 以下の条件下で、マイクロ波励起のプラズマ CVD による酸化、窒化、及び酸窒化のいずれかによって形成されることを特徴とする半導体装置。

12. 単結晶の SiC からなる半導体基板と；

前記半導体基板上に形成されたゲート絶縁膜を含む絶縁膜とを備え、  
前記絶縁膜はプラズマ処理によって形成され、  
前記絶縁膜は、希ガスとしてクリプトン (K r)、アルゴン (A r)、キセノン (X e) の少なくとも1つを含有し、  
前記絶縁膜の少なくとも一部が、酸化膜、酸窒化膜、及び窒化膜の何れかであり、  
前記絶縁膜は、基板温度が 600 °C 以下の条件下で、マイクロ波励起によるプラズマの直接酸化、直接窒化、及び直接酸窒化のいずれかに続いて、マイクロ波励起のプラズマ CVD による酸化、窒化、及び酸窒化のいずれかによって形成されることを特徴とする半導体装置。

13. SiC からなる半導体基板上にプラズマ処理によって絶縁膜を形成する

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

14. 前記絶縁膜は、ゲート絶縁膜を含むことを特徴とする請求項13に記載の半導体装置の製造方法。

15. 前記絶縁膜を形成する際に、希ガスとしてクリプトン (K r)、アルゴン (A r)、キセノン (X e) の少なくとも1つを使用することを特徴とする請求項13及び14のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

16. 前記絶縁膜の少なくとも一部が、酸化膜、酸窒化膜、及び窒化膜の何れかであることを特徴とする請求項13、14、及び15のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

17. 前記半導体基板を形成するS i Cが単結晶であることを特徴とする請求項13、14、15、及び16のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

18. 基板温度が600°C以下のプラズマ処理によって前記絶縁膜を形成することを特徴とする請求項13、14、15、16、及び17のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

19. 前記絶縁膜は、マイクロ波励起によるプラズマの直接酸化、直接窒化、及び直接酸窒化のいずれかによって形成されることを特徴とする請求項13、14、15、16、17、及び18のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

20. 前記絶縁膜は、マイクロ波励起のプラズマCVDによって形成される酸化膜、窒化膜、及び酸窒化膜のいずれかであることを特徴とする請求項13、14、15、16、17、及び18のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

21. 前記絶縁膜は、マイクロ波励起によるプラズマの直接酸化、直接窒化、及び直接酸窒化のいずれかに続いて、マイクロ波励起のプラズマCVDによって形成される酸化膜、窒化膜、及び酸窒化膜のいずれかであることを特徴とする請求項13、14、15、16、17、及び18のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

22. 単結晶のS i Cからなる半導体基板上に、プラズマ処理によってゲート絶縁膜を含む絶縁膜を形成する方法であり、

前記絶縁膜を形成する際に、希ガスとしてクリプトン (K r)、アルゴン (A r)、

キセノン (Xe) の少なくとも 1 つを使用し、

前記絶縁膜の少なくとも一部が、酸化膜、酸窒化膜、及び窒化膜のいずれかであり、

前記絶縁膜は、基板温度が 600°C 以下の条件下で、マイクロ波励起のプラズマによる直接酸化、直接窒化、及び直接酸窒化のいずれかによって形成されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

23. 単結晶の SiC からなる半導体基板上に、プラズマ処理によってゲート絶縁膜を含む絶縁膜を形成する方法であり、

前記絶縁膜を形成する際に、希ガスとしてクリプトン (Kr)、アルゴン (Ar)、キセノン (Xe) の少なくとも 1 つを使用し、

前記絶縁膜の少なくとも一部が、酸化膜、酸窒化膜、及び窒化膜の何れかであり、

前記絶縁膜は、基板温度が 600°C 以下の条件下で、マイクロ波励起のプラズマ CVD による酸化、窒化、及び酸窒化のいずれかによって形成されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

24. 単結晶の SiC からなる半導体基板上に、プラズマ処理によってゲート絶縁膜を含む絶縁膜を形成する方法であり、

前記絶縁膜を形成する際に、希ガスとしてクリプトン (Kr)、アルゴン (Ar)、キセノン (Xe) の少なくとも 1 つを使用し、

前記絶縁膜の少なくとも一部が、酸化膜、酸窒化膜、及び窒化膜の何れかであり、

前記絶縁膜は、基板温度が 600°C 以下の条件下で、マイクロ波励起によるプラズマの直接酸化、直接窒化、及び直接酸窒化のいずれかに続いて、マイクロ波励起のプラズマ CVD による酸化、窒化、及び酸窒化のいずれかによって形成されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

図 1

